

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАКОНУ УПРАВЛІННЯ НАПІВПРИЧЕПОМ  
СІДЕЛЬНОГО АВТОПОЇЗДА

Сахно В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Поляков В.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ,  
Україна

Сирота В.І., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Босенко В.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Гуменюк П.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

TO DEFINITION OF THE STEERING LAW PARAMETERS FOR THE SEMI-TRAILER  
SADDLE TRAIN

Sakhno V.P., Dh., National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Poliakov V.M., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Sirota V.I., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Bosenko V.M., National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Gymeniuk P.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛУПРИЦЕПОМ  
СЕДЕЛЬНОГО АВТОПОЕЗДА

Сахно В.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,  
Украина

Поляков В.М., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,  
Украина

Сирота В.І., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,  
Украина

Босенко В.М., Национальный транспортный университет, Киев, Украина  
Гуменюк П.О., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Досвід експлуатації автопоїздів, у тому числі спеціалізованих, показує їх переваги порівняно зі звичайним автомобілем: підвищену продуктивність (у два рази й більше); собівартість перевезень на 25...30 % нижча; витрата пального на тонну перевезеного вантажу на третину менша та інші.

Відсутність розгалуженої мережі автошляхів на Україні з досконалим дорожнім покриттям призводить до необхідності експлуатації колісних транспортних засобів на дорогах різної якості. У зв'язку з цим, здійснення маневрування ускладнюється, а в деяких випадках (наприклад, для автопоїздів) стає неможливим.

Для подолання зазначеної проблеми в причіпних ланках автопоїздів (причіпах або напівпричіпах) застосовують системи керування, які забезпечують покращення показників маневреності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Даною проблемою займалися такі відомі наукові діячі як: Закін Я. Х., Курочкін А. С., Єрмілов С.С., Колпаков А.П., Висоцький М.С., Жуков А.В., Мартиненко Г.В., Сахно В.П., Енглезі О.А., Горбаха М.М., Придюк В.М., Онищук В.П., Лобас Л.Г.

Управління поворотом коліс напівпричепа зменшує кут складання автопоїзда, практично не впливаючи на радіус його повороту. Разом з тим кут складання автопоїзда чутливіший до кутів повороту коліс (осей) причіпних ланок, чим радіус повороту автопоїзда. Найбільш значні відмінності (не тільки кількісні, але і якісні) спостерігаються при повороті керованих коліс (осей) причіпних ланок убік, протилежний напрямку повороту керованих коліс тягача. У цьому випадку область реалізованості кругових рухів різко звужується, що необхідно враховувати при розробці систем управління причіпними ланками триланкових автопоїздів.

Іноді закон управління, придатний з погляду однієї якості управління (наприклад, маневреності) стає малопродатним або взагалі неприйнятним з погляду іншої якості управління

(стійкості). Тим більше це справедливо для автопоїздів з керованими причіпними ланками, привід управління яких може здійснюватися як на колеса (осі) напівпричепа, так і на колеса (осі) причепа за допомогою спеціальних пристроїв і механізмів. Сукупність цих пристроїв і механізмів отримала загальну назву система управління поворотом [1]. Чим більш досконала система управління поворотом, тим менше відхилення траєкторій причіпних ланок від траєкторії тягача, тим вищі безпека руху, економічність і продуктивність автопоїздів.

Робота системи управління поворотом осей (коліс) напівпричепа і причепа заснована на зміні кутів складання при проходженні закруглень доріг. Кутом складання автопоїзда прийнято називати кут, що утворюється між подовжніми осями ланок автопоїзда в процесі криволінійного руху

Рівняння роботи будь-якої системи управління поворотом може бути представлено у вигляді [2].

$$\Delta\alpha = u \times \Delta\gamma, \quad (1)$$

де  $\Delta\alpha$  - зміна кута складання;

$\Delta\gamma$  - відповідна зміна приведенного кута повороту керованих коліс напівпричепа, причепа;

$u$  - кутове передаточне відношення приводу управління.

Для управління причіпними ланками застосовуються приводи з різними типами керуючих зв'язків: прямим, зворотним, комбінованим (подвійним). Відмінність між типами керуючих зв'язків полягає в функціональній залежності параметрів, що характеризують кінематику руху автопоїзда [2-4].

За принципом дії системи управління поворотом поділяють на автоматичні, коли поворот коліс (осей) причіпних ланок здійснюється без участі людини-оператора, а в залежності від деякого задаючого параметру; ручного, коли поворот керованих коліс (осей) причіпних ланок здійснюється оператором, який знаходиться в кабіні причіпної ланки, і комбінованого управління, що об'єднує перші дві системи. При цьому використовується механічний, гідравлічний, електричний приводи з підсилювачами потужності або без них.

Із розглянутих систем управління найбільше поширення отримали системи автоматичного управління безпосередньої дії. При цьому поворот керованих коліс (осей) напівпричепа (причепа) здійснюється за рахунок їх "жорсткого" кінематичного зв'язку із задаючими органами (керованими колесами, рамою тягача або напівпричепа) при взаємному повороті ланок транспортного засобу. Зусилля, необхідне для взаємного повороту ланок автопоїзда і забезпечення повороту керованих осей (коліс) напівпричепа (причепа), створюється за рахунок реакцій бічних сил на колесах автомобіля-тягача і передається механічними (тросовими або важільними) або гідравлічними (гідростатичними) системами до керованих коліс (осей) напівпричепа (причепа), рис. 1.

Незважаючи на порівняльну простоту конструкції розглянутих систем управління, вони мають ряд недоліків. По-перше, для свого функціонування механічні системи використовують сили зчеплення керованих коліс тягача з полотном дороги і тому при несприятливих дорожніх умовах (брудні мокрі дороги) передаточне відношення системи управління поворотом напівпричепа повинно бути змінним, що не можуть забезпечити системи безпосередньої дії. Виключенням, в деякій мірі, може стати подвійний привід управління, для реалізації якого необхідний шарнірний зв'язок між кістяком напівпричепа і його возиком. Тоді поворот керованих коліс (осей) напівпричепа визначатиметься в залежності від першого (кута між поздовжніми осями тягача і напівпричепа) і другого (кута між поздовжньою віссю напівпричепа і його возика) кутів складання автопоїзда.

Подвійний привід управління істотно поліпшує показники маневреності довгобазових автопоїздів. Однак і ці конструктивні рішення не можуть повністю вирішити проблему поліпшення маневреності автопоїздів, оскільки передаточне відношення приводу управління є, принаймні, функцією двох змінних - радіуса повороту автопоїзда і швидкості його руху, чого не можуть забезпечити механічна і гідростатична системи безпосередньої дії, які лише зменшують зсув траєкторій причіпних ланок щодо траєкторії тягача. Для подолання цієї перешкоди необхідний інший рівень системи управління поворотом напівпричепа [2]. Такий рівень представляють системи управління непрямої дії: електричні, електромеханічні та електрогідравлічні. Характерними прикладами електричних і електромеханічних систем управління непрямої дії є конструкції, що описані у роботах [5,6].

У відповідності до вимог часу з'явилися розробки систем управління з бортовою ЕОМ, що на підставі великої кількості вхідних параметрів про стан руху автомобіля-тягача і причіпних ланок, здійснює керування колесами (осями) причіпних ланок. Проте, зважаючи на велику складність і

вартість виготовлення, вони знайшли застосування лише на автомобільних поїздах-важковозах загальною масою 100000 кг і більше [6].

Виділення невирішених питань. Враховуючи сучасні темпи розвитку електроніки та мікропроцесорної техніки, перспективним є розробка автоматизованої системи регулювання. Метою роботи є розробка закону управління керованими колесами (віссю) причіпної ланки, за якого відхилення траєкторій між ланками автопоїзда буде мінімальним або допустимим, виходячи з нормативів маневреності.

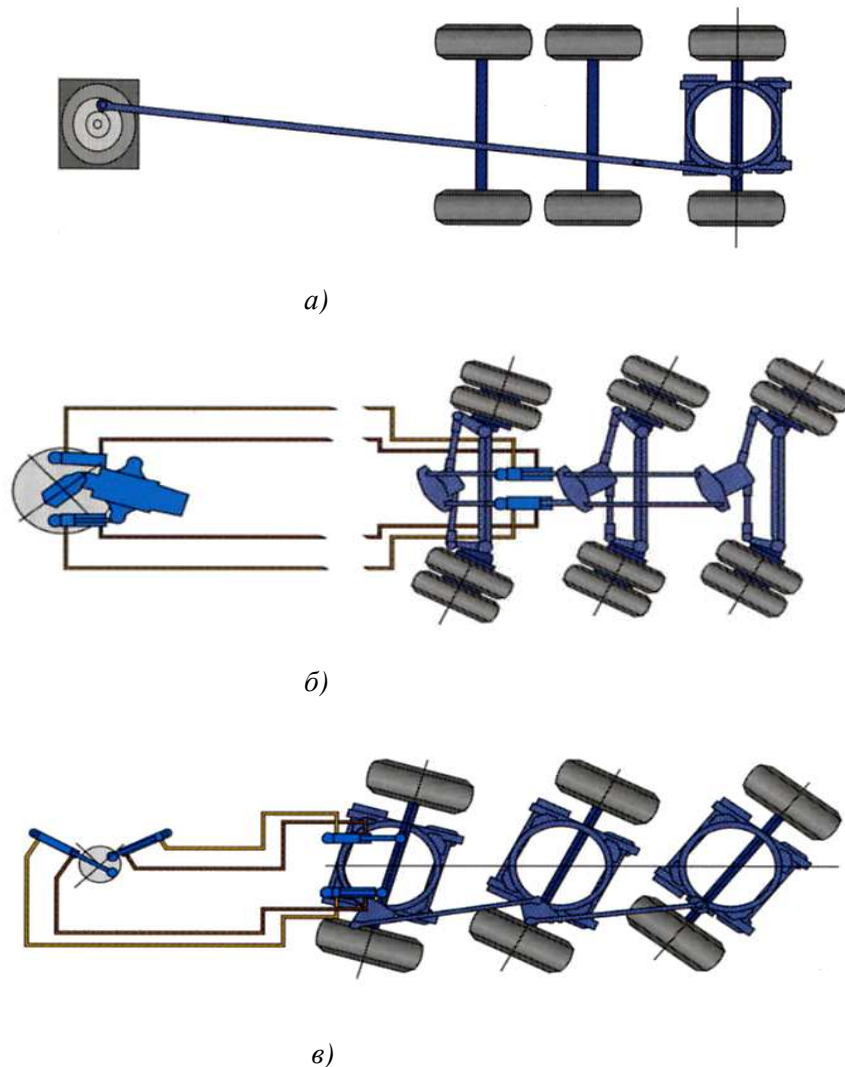


Рисунок 1 – Схема прямого приводу керування колесами (осями) напівпричепа компанії Krone:  
 а) – механічний привід на задню вісь напівпричепа,  
 б) – гідростатичний привід на колеса усіх осей напівпричепа,  
 в) – гідростатичний на осі напівпричепа

Постановка завдання. Розробити закон управління керованою віссю напівпричепа, ефективність якого визначається тим, що вписуваність у поворот автопоїзда з керованою віссю напівпричепа за обраного закону управління краще, ніж автопоїзда з прямим приводом управління на вісь напівпричепа.

Викладення основного матеріалу. Проведеними раніше дослідженнями [2, 4, 6] встановлено, що задані показники маневреності за інших сталих умов забезпечуються приводами управління на задню вісь напівпричепа. Для визначення кута повороту коліс задньої осі напівпричепа розглянемо стаціонарний рух автопоїзда, за якого усі його точки описують на площині дороги (або на площині, паралельній їй) кола відповідних радіусів. Це забезпечується у тому випадку, коли [7]

$$u - \omega c = 0, \quad (2)$$

де  $u$  – бічна швидкість центра мас автомобіля-тягача;

$\omega$  – кутова швидкість автомобіля-тягача;

$c$  – відстань від центру мас автомобіля-тягача до точки зчипки з напівпричепом.

Значення величин  $u$ ,  $\omega$  при коловому русі автопоїзда є рішеннями трансцендентних і алгебраїчних рівнянь, отримати які (рішення) в загальному випадку неможливо. Це можливо лише в лінійному наближенні. Природно сподіватися, що закон управління, отриманий на основі лінеаризованих співвідношень, краще працює на ділянках лінійності кривих  $\omega = \omega(\theta)$ ,  $u = u(\theta)$  і гірше – на ділянках нелінійності.

Будемо вважати, що автопоїзд у складі двовісного автомобіля-тягача і одновісного напівпричепа з керованою віссю рухається зі сталою швидкістю  $v$  таким чином, що у кожний момент часу  $u = const$ ,  $\varphi = const$ ,  $\omega = const$ . Такий рух називається стаціонарним. У роботах [6-8] показано, що траєкторіями точок автомобіля є кола скінченного чи нескінченного радіусів. Рівняння таких рухів можна отримати із вихідної системи рівнянь, наведеної у роботі [8], у припущенні  $\dot{\omega} = 0$ ,  $\dot{\varphi} = 0$  та  $\dot{u} = 0$ .

Припустимо також, що за увесь час руху значення величин  $u$ ,  $\omega$ ,  $\theta$ ,  $\varphi$  залишаються малими настільки, що після розкладу відповідних функцій у ряди Тейлора в околиці значень  $u = 0$ ,  $\omega = 0$ ,  $\theta = 0$ ,  $\varphi = 0$  членами вище першого порядку можна знехтувати. Такі рівняння будемо називати рівняннями стаціонарного руху в лінійному наближенні. За умови, що поздовжні сили на осях автомобіля-тягача і напівпричепа  $X_1 = X_2 = X_3 = 0$  мають вигляд

$$\begin{cases} -(mL_1 + m_1b_1)v\omega + L_1(Y_1 + Y_2) = 0; \\ -m_1cv\omega + (a + c)Y_1 + (c - b)Y_2 = 0; \\ -m_1d_1v\omega + L_1Y_3 = 0, \end{cases} \quad (3)$$

де  $m$ ,  $m_1$  – відповідно маси автомобіля-тягача і напівпричепа;

$a, b$  – відстані від центру мас автомобіля-тягача до передньої і задньої осі відповідно;

$b_1, d$  – відстані від центру мас напівпричепа до точки зчипки і задньої осі відповідно;

$L_1$  – база напівпричепа;

$Y_1, Y_2, Y_3$  – бічні реакції на колесах автомобіля-тягача і напівпричепа.

Оскільки перше рівняння системи (3) містить лише параметри двовісного автомобіля, воно справедливе і для  $(n+1)$ -вісного автомобіля і автопоїзда.

Перевагами системи (3) є те, що відносно  $Y_1$  та  $Y_2$  перші два рівняння вирішуються незалежно від третього, а останнє вирішується незалежно від перших двох. Звідси слідує, зокрема, що в лінійному наближенні величини  $\omega$  і  $u$  не залежать від бічної сили на колесах осі напівпричепа і кути складання автопоїзда.

Виразимо бічні реакції на колесах автопоїзда у вигляді:

$$Y_i = k_i \delta_i,$$

де  $k_i$  – коефіцієнт опору відведенню коліс  $i$ -осі автомобіля-тягача і напівпричепа;

$\delta_i$  – кут відведення коліс  $i$ -осі автомобіля-тягача і напівпричепа.

Запишемо систему рівнянь (3) у вигляді [9]

$$\begin{aligned} L_1(k_1 + k_3) \frac{u}{v} + [(mL_1 + m_1b_1)v + (k_1a - k_2b) \frac{L_1}{v}] \omega &= k_1L_1\theta; \\ [k_1(a + c) + k_2(c - b)] \frac{u}{b} + [m_1cv + \frac{k_1a^2 + k_2b^2 + c(k_1a - k_2b)}{v}] \omega &= \\ = k(a + c) - k(c - b); \\ k_3 \frac{u}{v} + [m_1b_1v - k_3(L_1 + c) \frac{L_1}{v}] \omega + k_3L_1\varphi &= -k_3L_1\theta. \end{aligned} \quad (4)$$

У системі (4) перші два рівняння не пов'язані з третім рівнянням, тобто щодо невідомих вона розпадається на дві незалежні підсистеми (двовимірну і одновимірну) [10], з яких визначаються значення змінних  $u$ ,  $\omega$  та  $\varphi$ . З перших двох рівнянь отримаємо:

$$\begin{aligned} u &= \frac{v}{\mu} k u \theta; \\ \omega &= \frac{1}{\mu} k k L l v \theta; \\ -\frac{u \omega}{v} \left( \frac{L_1 + c}{v} - \frac{m_1 d_1}{k_3 L} v \right) &= -\varphi \frac{1}{\mu} [k_1 (u_1 + k_2 u_3 l) \theta], \end{aligned} \quad (5)$$

де

$$\begin{aligned} u_1 &= k_2 L_1 b l - [m a L_1 + m_1 b_1 (a + c) v^2]; \\ u_3 &= k_1 L_1 a l + [m b L_1 - m_1 b_1 (c - b) v^2]; \\ \mu &= k_1 k_2 L_1 l^2 - [m_1 b_1 c (k_1 + k_2) + (m L_1 + m_1 b_1) (k_1 a - k_2 b)] v^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Кут повороту коліс осі напівпричепа визначається прийнятим законом управління. Після розв'язку рівняння (2) відносно  $\theta$  з урахуванням (5) маємо

$$\varphi = h \theta, \quad (7)$$

де передавальне число  $h$  є функцією геометричних, інерційних та експлуатаційних параметрів автопоїзда:

$$h = -\frac{k_1}{k_2} - \frac{k_2 L_1 l (c - b) + [m a L_1 + m_1 b_1 (a + c)] v^2}{k_1 L_1 l (a + c) + [m b L_1 - m_1 b_1 (c - b)] v^2} \quad (8)$$

Побудуємо закон зміни величини  $h$  для автопоїзда у складі двовісного автомобіля-тягача Scania і одновісного напівпричепа Krone базою 8,2 м, рис.2.

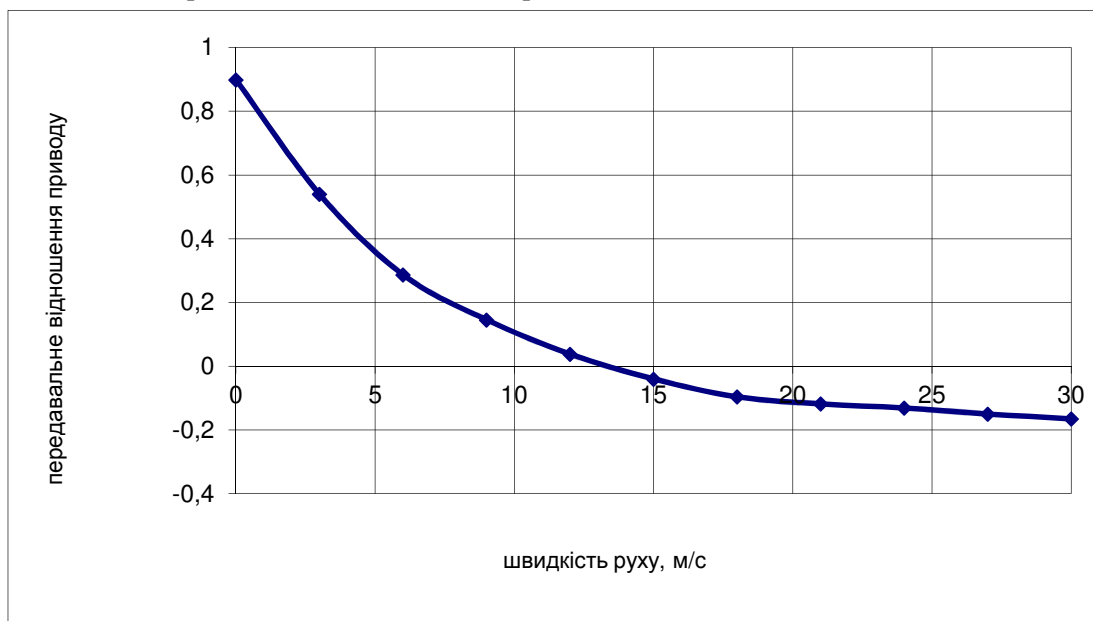


Рисунок 2 – Залежність передаточного числа приводу управління колесами напівпричепа від швидкості руху автопоїзда

З наведеного графіка слідує, що за швидкості 13,8 м/с передаточне число приводу управління зменшується до нуля, а при подальшому збільшенні швидкості взагалі стає від'ємним, тобто задні керовані колеса повертаються у ту ж сторону, як і передні. При цьому кривизна траєкторії руху автопоїзда зменшується і критична швидкість криволінійного руху збільшується.

Ефективність запропонованого закону управління визначається тим, що вписуваність у поворот автопоїзда з керованою віссю напівпричепа за обраного закону управління краще, ніж автопоїзда з прямим приводом управління на вісь напівпричепа, рис. 3, де верхня крива відповідає автопоїзду з прямим приводом управління на вісь напівпричепа, нижня крива- автопоїзду з приводом управління, що реалізує прийнятий закон управління. Цю ефективність можна оцінити відносною різницею у відсотках значень радіусу повороту автопоїзда з керованою віссю напівпричепа за прямого приводу управління ( $h=const$ ) і приводу, що реалізує запропонований закон управління ( $h \neq const$ ):

$$\delta R = \frac{\left| R \Big|_{h=const} - R \Big|_{h \neq const} \right|}{R \Big|_{h=const}} \cdot 100 \quad (9)$$

При зміні  $\theta$  величина  $\delta R$  коливається від 25% до 35%, зменшуючи в середньому радіус повороту на 30%, що є дуже важливим для забезпечення необхідних показників маневреності автопоїзда з довгобазовим напівприцепом.

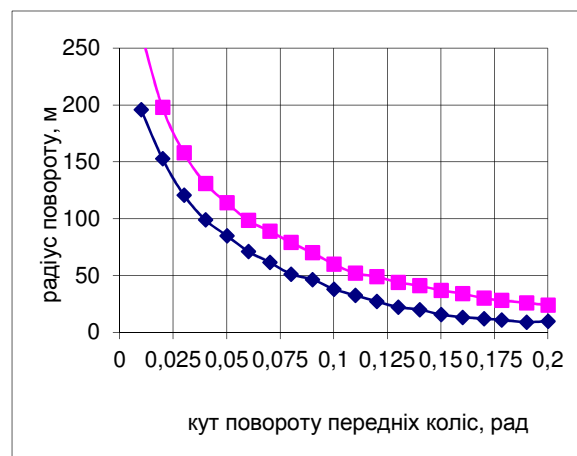


Рисунок 3 – Залежність радіусу повороту автопоїзда з прямим приводом управління і приводом управління за розробленим законом управління на вісь напівпричепа

При зміні  $\theta$  величина  $\delta R$  коливається від 25% до 35%, зменшуючи в середньому радіус повороту на 30%, що є дуже важливим для забезпечення необхідних показників маневреності автопоїзда з довгобазовим напівприцепом, особливо при його експлуатації в міських умовах.

Висновки і перспективи подальших розвідок. Розроблений закон управління керованою віссю напівпричепа, ефективність якого визначається тим, що вписуваність у поворот автопоїзда з керованою віссю напівпричепа за обраного закону управління краще, ніж автопоїзда з прямим приводом управління на вісь напівпричепа. У порівнянні з прямим приводом управління на керовану вісь напівпричепа привод управління, що реалізує запропонований закон управління, зменшує на 30% середній радіус повороту, що є дуже важливим для забезпечення необхідних показників маневреності автопоїзда з довгобазовим напівприцепом, особливо при його експлуатації в міських умовах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закин Я. Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Я. Х. Закин – М. Транспорт, 1986. – 137 с.
2. Курочкин А. С. Исследование маневренности и устойчивости автомобильного поезда с длиннобазным многоосным полуприцепом: Дис. канд. техн. наук. – Киев, 1978. – 161 с.
3. Ермилов С.С., Колпаков А.П. Результаты исследований автопоезда с управляемыми колесами полуприцепа//Автомобильная промышленность.-1964.-№ 9. - С.28-32.
4. Колпаков А.П. К вопросу расчета привода управления колесами полуприцепа // Автомобильная промышленность. -1966. - № 11. С. 23-26.
5. Динамика длиннобазных автопоездов /М.С.Высоцкий, А.В.Жуков, Г.В.Мартыненко и др. – Минск: Наука и техника, 1987. – 199 с.
6. Сахно В.П. Обоснование систем управления специализированных автотранспортных средств для перевозки строительных конструкций. Дис. .. соиск. уч. степ. д.т.н. – Киев, 1991. – 480 с.
7. Енглезі О.А. Вибір та обґрунтування типу приводу керування напівприцепом триланкового сидельно-причіпного автопоїзда // Вісник Національного транспортного університету.–К., НТУ, 2007.- Вип. 15. – С. 149-154.
8. Сахно В.П. До вибору закону управління задньою керованою віссю напівприцепа автопоїзда-контейнеровоза /В.П.Сахно, М.М.Горбаха, В.М.Придюк, В.П.Онищук // Автошляховик України. Вісник ЦНЦ ТАУ. –2010. Окремий випуск №13. С.72-75.
9. Тарнопольская Т.И. Пути повышения устойчивости и маневренности многосвязных автопоездов. Автореф. дис....канд.техн.наук. –К., 1992. - 24 с.
10. Лобас Л.Г. Механика неголономных систем с качением / Лобас Л.Г.: Отв. ред. Ковалев А.М.: НАН Украины, Ин-т механики. – Киев: Наукова думка, 2000. – 270 с.

## REFERENCES

1. Zakin Y. H. Maneuverability of the car and the road train. M.Transport, 1986. 137 pages.
2. Kurochkin A.S. Ampere-second. Research of maneuverability and stability of the automobile train with the dlinnobazny mnogoosny semi-trailer: Dis. Cand.Tech.Sci. Kiev, 1978. 161 pages.
3. Yermilov S. S., Kolpakov A.P Caps. Results of researches road-train with operated wheels of the semi-trailer. Automotive industry. 1964 . № 9. Page 28-32.
4. Kolpakov A.P. To a question of calculation of the drive of management of semi-trailer wheels. Automotive industry. -1966 . No. 11. Page 23-26.
5. Vysotskiy M.S., Zhukov A.V., Martynenko G.V. , etc. Dynamics dlinnobazny road trains. Minsk: Science and equipment, 1987. 199 pages.
6. Sakhno V.P. Justification of control systems of specialized vehicles for transportation of construction designs. Dis. . competitor of a scientific degree. the Dr.Sci.Tech. Kiev, 1991. 480 pages.
7. Englezi O.A. Choice that justifications to type to the drive steering nap\_vprichepy trilankovy s\_delno-prich\_pny road train. Visnik of Nathion transport university. NTU, 2007. Release. 15 . Page 149-154.
8. Sakhno V.P., Gorbakh M.M., V.M.Pridyuk, Onishchuk V.P. To a vibor to the law steering of a rear rotary axle semi-trailer road train container carrier. Avtoshlyakhovik Ukraine. Visnik CNC TAU.2010 . separate release No. 13. Page 72-75.
9. Tarnopolskiy T.I. Ways of increase of stability and maneuverability of multilink road trains. Avtoref. yew... Cand.Tech.Sci. To. 1992 . 24 pages.
10. Lobas L.G. Mechanics of negolonomny systems with swing: Editor-in-chief Kovalev A.M. : NAN of Ukraine, Insitut of mechanics. Kiev: Scientific thought, 2000. 270 pages.

## РЕФЕРАТ

Сахно В.П. До визначення параметрів закону управління напівприцепом сидельного автопоїзда /В.П.Сахно, В.М.Поляков, В.І.Сирота, В.М.Босенко, П.О.Гуменюк // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ – 2013. – Вип. 12.

У статті запропонований підхід до визначення параметрів закону управління керованою віссю напівприцепа сидельного автопоїзда.

Об'єкт дослідження – система управління напівприцепом сидельного автопоїзда.

Мета роботи – розробка закону управління напівприцепом сидельного автопоїзда для поліпшення його маневреності.

Метод дослідження – аналітичний.

Поліпшення маневрених властивостей автопоїздів досягається за рахунок вибору відповідної системи управління колесами (осями) причіпних ланок.

Проведеними раніше дослідженнями встановлено, що задані показники маневреності автопоїзда за інших сталих умов забезпечуються приводами управління на задню вісь напівпричепа. Для визначення кута повороту коліс задньої осі напівпричепа розглянутий стаціонарний рух автопоїзда, за якого усі його точки описують на площині дороги (або на площині, паралельній їй) кола відповідних радіусів. Це забезпечується при певній залежності між бічною і кутовою швидкістю центру мас автомобіля-тягача. Значення бічної і кутової швидкості при круговому русі автопоїзда є вирішеннями трансцендентних і алгебраїчних рівнянь, отримати які (рішення) в загальному випадку неможливо. Це можливо лише в лінійному наближенні, для якого і визначені параметри закону управління напівприцепом у функції геометричних, масових і силових параметрів автопоїзда, а також швидкості його руху. Можна припустити, що закон управління, отриманий на основі лінеаризованих співвідношень, краще працює на ділянках лінійності кривих і гірше – на ділянках нелінійності.

У порівнянні з прямим приводом управління на керовану вісь напівпричепа привід управління, що реалізовує запропонований закон управління, зменшує на 30% середній радіус повороту, який є дуже важливим для забезпечення необхідних показників маневреності автопоїзда з довгобазовим напівприцепом, особливо при його експлуатації в міських умовах.

Результати статті можуть бути упроваджені в системах управління напівпричепами довгобазових автопоїздів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АВТОПОЇЗД, ЗАКОН УПРАВЛІННЯ, НАПІВПРИЧІП, ШВИДКІСТЬ, КЕРОВАНА ВІСЬ, МАНЕВРЕНІСТЬ, ПРЯМИЙ ПРИВІД.

#### ABSTRACT

Sakhno V.P., Polyakov V.M., Syrota V.I., Bosenko V.M., Gumenyuk P.O. To definition of the steering law parameters for the semi-trailer saddle train. Management of projects, system analysis and logistics: Kiev, National transport university. 2013. Vol. 12.

In article approach to determination of the law parameters of management by an operated axis of the semi-trailer saddle train is offered.

Object of research – a control system of the semi-trailer saddle train.

The work purpose – development of the law of management by the semi-trailer of the saddle train for improvement of its maneuverability.

Research method – analytical.

Improvement of maneuverable properties of road trains is reached at the expense of a choice of the corresponding control system by wheels (axes) of hook-on links. It is established by the researches conducted earlier that the set indicators of maneuverability of the road train under other constant conditions are provided with management drives on a back axis of the semi-trailer. For definition of an angle of rotation of wheels of a back axis of the semi-trailer stationary movement of the road train at which all its points describe on the road plane (or on the plane parallel to it) to a circle of the corresponding radiuses is considered. It is provided at a certain dependence between the lateral and angular speed of the center of mass of the car tractor. Value of lateral and angular speed at a roundabout of the road train is solutions of the transcendental and algebraic equations, to receive which (decisions) generally it is impossible. It is possible only in linear approach for which parameters of the law of management by the semi-trailer as geometrical, mass and power parameters of the road train, and also the speed of its movement are determined. It is possible to assume that the law of the management received on the basis of linearized ratios, works at sites of linearity of curves worse – on nonlinearity sites better.

In comparison with the direct drive of management on an operated axis of the semi-trailer the drive of the management realizing the offered law of management, reduces the average radius of turn which is very important for providing necessary indicators of maneuverability of the road train with the long semi-trailer, especially at its operation in city conditions by 30%.

Results of the article can be introduced in control systems of semi-trailers of long road trains.

**KEYWORDS:** THE ROAD TRAIN, THE MANAGEMENT LAW, THE SEMI-TRAILER, THE SPEED, OPERATED AXIS, MANEUVERABILITY, THE DIRECT DRIVE.

#### РЕФЕРАТ

Сахно В.П. К определению параметров закона управления полуприцепом седельного автопоезда /В.П.Сахно, В.М.Поляков, В.И.Сирота, В.М.Босенко, П.О.Гуменюк // Управление проектами, системный анализ и логистика. – К.: НТУ – 2013. – Вип. 12.



В статье предложен подход к определению параметров закона управления управляемой осью полуприцепа седельного автопоезда.

Объект исследования – система управления полуприцепом седельного автопоезда.

Цель работы – разработка закона управления полуприцепом седельного автопоезда для улучшения его маневренности.

Метод исследования – аналитический.

Улучшение маневренных свойств автопоездов достигается за счет выбора соответствующей системы управления колесами (осями) прицепных звеньев.

Проведенными ранее исследованиями установлено, что заданные показатели маневренности автопоезда при других постоянных условиях обеспечиваются приводами управления на заднюю ось полуприцепа. Для определения угла поворота колес задней оси полуприцепа рассмотрено стационарное движение автопоезда, при котором все его точки описывают на плоскости дороги (или на плоскости, параллельной ей) окружности соответствующих радиусов. Это обеспечивается при определенной зависимости между боковой и угловой скоростью центра масс автомобиля-тягача. Значение боковой и угловой скорости при круговом движении автопоезда является решениями трансцендентных и алгебраических уравнений, получить которые (решения) в общем случае невозможно. Это возможно лишь в линейном приближении, для которого и определены параметры закона управления полуприцепом в функции геометрических, массовых и силовых параметров автопоезда, а также скорости его движения. Можно предположить, что закон управления, полученный на основе линеаризованных соотношений, лучше работает на участках линейности кривых и хуже – на участках нелинейности.

По сравнению с прямым приводом управления на управляемую ось полуприцепа привод управления, реализующий предложенный закон управления, уменьшает на 30% средний радиус поворота, который является весьма важным для обеспечения необходимых показателей маневренности автопоезда с длиннобазным полуприцепом, особенно при его эксплуатации в городских условиях.

Результаты статьи могут быть внедрены в системах управления полуприцепами длиннобазных автопоездов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АВТОПОЕЗД, ЗАКОН УПРАВЛЕНИЯ, ПОЛУПРИЦЕП, СКОРОСТЬ, УПРАВЛЯЕМАЯ ОСЬ, МАНЕВРЕННОСТЬ, ПРЯМОЙ ПРИВОД.

#### АВТОРИ:

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», тел. 280-42-52, Україна 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 301.

Поляков В.М., кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри «Автомобілі», тел. 280-42-52, Україна 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 306.

Сирота В.І., кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри «Автомобілі», тел. 280-42-52, Україна 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 306.

Босенко Володимир Миколайович, аспірант кафедри «Автомобілі» Національного транспортного університету, тел. 280-42-52, Україна 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 306.

Гуменюк Павло Олександрович, аспірант кафедри «Автомобілі» Національного транспортного університету, тел. 280-42-52, Україна 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 306.

#### AUTHOR:

Sakhno Vladimir Prokhorovich, Doctor of Engineering, professor, National transport university, professor of Avtomobili chair, head of the department «Avtomobili», ph. 280-42-52, Ukraine 01010, Kiev, Suvorova St. 1, k.301.

Poliakov Victor.Mihaylovich., candidate of technical sciences, associate professor, National transport university, professor of Avtomobili chair, ph. 280-42-52, Ukraine 01010, Kiev, Suvorova St. 1, k.306.

Sirota Vadim.Igorovich., candidate of technical sciences, associate professor, National transport university, professor of Avtomobili chair, ph. 280-42-52, Ukraine 01010, Kiev, Suvorova St. 1, k.306.

Bosenko Vladimir Nikolaevich, graduate student of Avtomobili chair of National transport university, bodies. 280-42-52, Ukraine 01010, Kiev, Suvorova St. 1, k.306.

Gumenyuk Pavel Aleksandrovich, graduate student of Avtomobili chair of National transport university, bodies. 280-42-52, Ukraine 01010, Kiev, Suvorova St. 1, k.306.

#### АВТОРЫ:

Сахно Владимир Прохорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», тел.280-42-52, Украина 01010, г.Киев, ул. Суворова 1, к.301.

Поляков В.М., кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Автомобили», тел.280-42-52, Украина 01010, г.Киев, ул. Суворова 1, к.306.

Сирота В.И., кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Автомобили», тел.280-42-52, Украина 01010, г.Киев, ул. Суворова 1, к.306.

Босенко Владимир Николаевич, аспирант кафедры «Автомобили» Национального транспортного университета, тел. .. 280-42-52, Украина 01010, г.Киев, ул. Суворова 1, к.306.

Гуменюк Павел Александрович, аспирант кафедры «Автомобили» Национального транспортного университета, тел. .. 280-42-52, Украина 01010, г.Киев, ул. Суворова 1, к.306.

#### РЕЦЕНЗЕНТИ:

Кравченко О.П., доктор технических наук, профессор, Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, завідувач кафедри автоніки та управління на транспорті, Луганськ, Україна

Левківський О.П. доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри виробництва ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна

#### REVIEWER:

Kravchenko O.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, head department of autonics and transport management, Lugansk, Ukraine.

Levkivskiy O.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor of chair of production of repair and materials science, Kyiv, Ukraine.